

AT

10/582,930

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. Juli 2003 (03.07.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/054360 A1(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F01D 11/12, 11/10, 25/12

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ALSTOM (SWITZERLAND) LTD [CH/CH]; Brown Boveri Strasse 7, CH-5401 Baden (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH02/00686

(22) Internationales Anmeldedatum:  
12. Dezember 2002 (12.12.2002)

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): NAIK, Shailendra [GB/CH]; Oberriedenstrasse 17A, CH-5412 Gebenstorf (CH). RATHMANN, Ulrich [DE/CH]; Sonnmattstrasse 1, CH-5400 Baden (CH).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

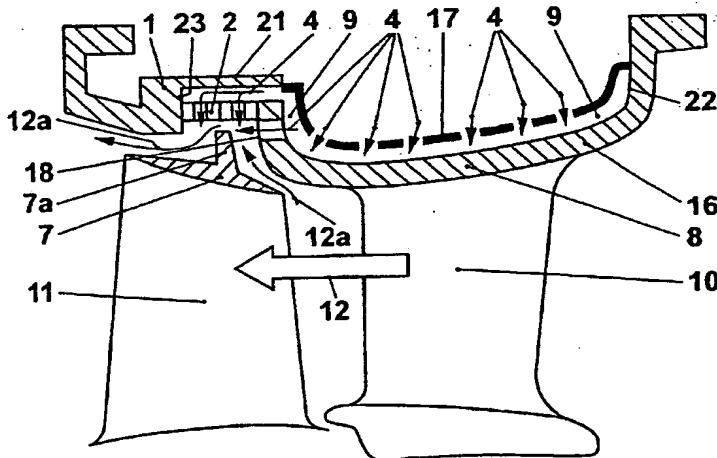
(30) Angaben zur Priorität:  
2279/01 13. Dezember 2001 (13.12.2001) CH

(74) Gemeinsamer Vertreter: ALSTOM (SWITZERLAND) LTD; CHSP Intellectual Property, Brown Boveri Str. 7/699/5, CH-5401 Baden (CH).

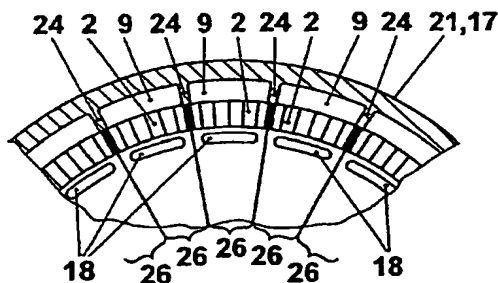
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: HOT GAS PATH SUBASSEMBLY OF A GAS TURBINE

(54) Bezeichnung: HEISSGASPFAD-BAUGRUPPE EINER GASTURBINE



(57) Abstract: The invention relates to a hot gas path subassembly, in particular that is suitable for use in the hot gas path of a gas turbine, comprising an impingement-cooled gas-impermeable element (8) and a transpiration-cooled gas-permeable element (2), which constitute a hot gas channel wall. The gas-permeable element constitutes in particular an impact covering for a sealing tip (7a) and the gas-impermeable element constitutes a blade foot (16) of a turbine blade. Coolant (4) is conducted in sequence, first through an impingement cooling element (17) in order to cool the gas-impermeable element (8) by impingement, then flows through the gas-permeable element in order to cool it by transpiration, before optionally cooling the sealing tip (7a). The coolant is thus used in a particularly effective manner. The subassembly is also provided with partitioning walls (24) for the lateral partitioning of the coolant path (9), in particular in the peripheral direction, said walls being arranged in segments (26). As a result of said partitioning, if the gas-permeable element in one segment is damaged, the other segments remain essentially unaffected. In a preferred embodiment, redundant coolant orifices (18) guarantee the coolant flow, even if the flow resistance increases in a transpiration-cooled element.



gasdurchlässige Element ist insbesondere

(57) Zusammenfassung: Eine Heissgaspfad-Baugruppe, wie sie insbesondere für die Verwendung im Heissgaspfad einer Gasturbine geeignet ist, weist als Heissgaskanalwand ein prallgekühltes gasundurchlässiges Element (8) und ein transpirationsgekühltes gasdurchlässiges Element (2) auf. Das

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/054360 A1



(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

ein Anlaufbelag für eine Dichtspitze (7a), das gasundurchlässige Element ein Schaufelfuss (16) einer Turbinenschaufel. Kühlmittel (4) wird in Serie zunächst durch ein Prallkühlelement (17) geführt, um das gasundurchlässige Element (8) mit Prallkühlung zu kühlen. Danach durchströmt das Kühlmittel das gasdurchlässige Element zur Transpirationskühlung, und kühlt gegebenenfalls weiterhin die Dichtspitze (7a). Das Kühlmittel wird so besonderes effizient genutzt. Weiterhin sind Unterteilungswände (24) zur lateralen Unterteilung des Kühlmittelpfades (9), insbesondere in Umfangsrichtung, in Segmente (26) angeordnet. Aufgrund der Unterteilung bleiben bei einer Beschädigung des gasdurchlässigen Elementes in einem Segment die anderen Segmente im wesentlichen unbeeinflusst. Redundante Kühlmittelöffnungen (18) stellen in einer bevorzugten Ausführungsform den Kühlmittelfluss auch dann sicher, wenn der Strömungswiderstand in einem transpirationsgeköhlten Element ansteigt.

## HEISSGASPFAD-BAUGRUPPE EINER GASTURBINE

5

Technisches Anwendungsgebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Heissgaspfad-Baugruppe für eine Strömungsmaschine, insbesondere für eine Gasturbine, gemäss dem  
10 Oberbegriff des Anspruchs 1.

Sie betrifft weiterhin eine Strömungsmaschine, in welcher eine erfindungsgemässe Baugruppe verwendet wird.

15

Stand der Technik

Der Wirkungsgrad einer axial durchströmten Gasturbine wird unter anderem durch Leckströme des  
20 komprimierten Gases beeinflusst, die zwischen rotierenden und nicht rotierenden Komponenten der Turbine auftreten. Der zwischen den Spitzen der Laufschaufeln und der die Laufschaufeln umgebenden Gehäusewand auftretende Spalt spielt hierbei eine  
25 wesentliche Rolle. Man ist daher bestrebt, die Spalte möglichst klein zu halten. Bei Abweichungen vom Auslegungspunkt kann es leicht zum Anstreifen der bewegten an den statischen Komponenten kommen. Aus diesem Grunde werden häufig anstreif- und/oder  
30 abriebtolerante Bauelemente, wie beispielsweise

- 2 -

Wabendichtungen, "Honeycombs", oder auch poröse Keramik- oder Metallstrukturen oder -filze, eingesetzt, die als Gegenlauflächen der Dichtspitzen der Laufschaufeln dienen, und teilweise während einer  
5 Einlaufphase von diesen eingeschnitten werden. Die Verwendung solcher anstreiftoleranter Dichtungselemente vermindert bei kleineren Anstreifereignissen schwerwiegende Maschinenhavarien, da das Anstreifen durch die weiche Struktur der Gegenlaufläche ohne  
10 Beschädigung der Schaufeln aufgenommen wird.

Sowohl die Spitzen der Lauf- oder Leitschaufeln als auch die eingesetzten Wabendichtungen sind im Heißgasbetrieb der Gasturbine sehr hohen Temperaturen  
15 ausgesetzt.

Daher ist beispielsweise aus der US 3,365,172 bekannt, die Dichtspitzen der Laufschaufeln durch Wabendichtungen hindurch mit Kühlluft zu beaufschlagen.  
20 Hierzu ist der Träger für die Wabendichtungen mit kleinen Kühlluftbohrungen durchsetzt, die über eine umlaufende Ringkammer mit Kühlluft versorgt werden.

Die JP 61149506 zeigt eine ähnliche Ausgestaltung, bei der die Wabendichtungen von einer Schicht aus  
25 porösem Metall getragen werden, die an eine Zufuhrkammer für Kühlluft angrenzt. Auch bei dieser Ausgestaltung wird die Kühlluft durch die Wabendichtungen hindurch an die Schaufelspitzen herangebracht.

30 Aus US 6,171,052 ist ebenfalls die Führung von Kühlluft durch poröse Dichtungselemente hindurch bekannt. Dabei werden die porösen Dichtungselemente beim Durchströmen mit der Kühlluft

- 3 -

transpirationsgekühlt. US 4,013,376 offenbart eine Konfiguration, bei dem die Gegenlauffläche der Schaufeln sowohl prallgekühlt als auch transpirationsgekühlt ausgeführt ist. Die US 3,728,039  
5 offenbart ebenfalls transpirationsgekühlte poröse Ringe als Gegenlaufflächen von Schaufeln. Dabei ist die Anspeisung des Ringes mit Kühlluft segmentiert. Der Ring selbst ist einstückig ausgeführt.

10 Ein Problem bei einer Vielzahl von Konfigurationen ist, dass, wenn es durch Anstreifen zu einer Beschädigung der gasdurchlässigen Elemente kommt oder gar ein Bereich vollständig herausgerissen wird, der Kühlmitteldruck zusammenbricht, und es zu einem  
15 Überhitzen und schliesslich zum Versagen der gesamten Dichtungsanordnung kommt. Ebenso wird, wenn in einem Bereich die Porosität durch anstreifbedingtes Verformen oder auch durch Schmutz verstopft wird, das Kühlmittel diesen Bereich des Dichtungselementes umströmt. Dessen  
20 Kühlung ist nicht mehr gewährleistet, und es kommt zur lokalen Überhitzung. Durch die Überhitzung kann der betroffenen Bereich ausbrennen. Durch das derart entstandene grosse Loch strömt nunmehr die Kühlluft aus, und die vorher nicht betroffenen Bereiche werden  
25 nicht mehr gekühlt. In der Folge versagt das Bauteil als ganzes, am gesamten Umfang.

Eine weitere Fragestellung ist ein möglichst effizienter Einsatz der zur Verfügung stehenden  
30 Kühlluft, da durch eine Kühllufteinsparung erhebliche Leistungs- und Wirkungsgradpotenziale erschliessbar sind.

Darstellung der Erfindung

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht  
5 nunmehr darin, eine Heissgaspfad-Baugruppe der eingangs  
genannten Art anzugeben, welche die Nachteile des  
Standes der Technik vermeidet. Insbesondere soll eine  
Heissgaspfad-Baugruppe derart ausgeführt sein, dass die  
Kühlluft möglichst effizient genutzt wird, und, dass  
10 bei einer Beschädigung eines Bereiches der des  
Dichtungselementes die Kühlung der nicht unmittelbar  
betroffenen Bereiche im Wesentlichen unbeeinträchtigt  
bleibt. Mit anderen Worten soll ein potenziell  
auftretender Schaden möglichst auf den Ort des primär  
15 schadensauslösenden Ereignisses beschränkt bleiben.

Die Aufgabe wird mit der Heissgaspfad-Baugruppe  
gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

20 Kern der Erfindung ist es also einerseits, in  
einem Kühlluftpfad zwei Kühlstellen in Serie zu  
schalten, derart, dass die strömende Kühlluft  
nacheinander zur Erfüllung zweier Kühlungsaufgaben  
herangezogen wird. In einer Ausführungsform der  
25 Erfindung wird mit dem selben Kühlluftstrom der Stator  
einer Gasturbine einmal im Bereich einer  
Leitschaufelreihe, sowie im Bereich einer  
Laufschaukelreihe gekühlt, und gleichzeitig werden die  
Laufschaukelspitzen oder das Laufschaukeldeckband mit  
30 der selben Kühlluft beaufschlagt. Auf diese Weise wird  
die maximal zulässige Kühllufterwärmung erzielt und das  
Kühlungspotenzial der Kühlluft wird maximal ausgenutzt.  
Andererseits ist die Unterteilungswand derart

ausgeführt, dass die Kühlluft-Strömungspfade einzelner in Umfangsrichtung der Maschine nebeneinander angeordneter Segmente stromab einem Prallkühlelement hermetisch voneinander getrennt sind. Ein

- 5 Prallkühlelement ist mit einer Vielzahl vergleichsweise kleiner Öffnungen versehen, über welche ein Kühlluftstrom mit hoher Geschwindigkeit auf die Kühlseite des zu kühlenden Bauteils gelenkt wird. Häufig kommen Prallkühlbleche zum Einsatz. Aufgrund
- 10 dieser Funktion verursachen die Prallkühlelemente einen vergleichsweise hohen Druckverlust, und sind die wesentliche Drosselstelle in dem jeweiligen Kühlmittelpfad, welche auch im Wesentlichen die Zumessung des durchströmenden Kühlmittels bewirkt. Bei
- 15 einer entsprechende Aufteilung der Druckabfälle, wobei der Druckverlustbeiwert des Prallkühlelementes grösser ist, bevorzugt wenigstens um einen Faktor 2, als der Druckverlustbeiwert der stromab davon angeordneten Strömungsquerschnitte, wird der gesamte Durchfluss in
- 20 erster Näherung nur durch das Prallkühlelement bestimmt. Für die erfindungsgemässe Konfiguration bedeutet das, dass, wenn in einem Segment eine Beschädigung des gasdurchlässigen Elementes, insbesondere eines Dichtungselementes, eintritt, die
- 25 Strömungsbedingungen des Kühlmittels nicht dramatisch verändert werden, und die nicht primär von dem Schadensereignis betroffenen Segmente noch hinreichend mit Kühlluft versorgt werden.

- 30 In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind in Umfangsrichtung mehrere gasdurchlässige Elemente nebeneinander angeordnet. Durch die mehrstückige, lateral, insbesondere in Umfangsrichtung,

- 6 -

segmentierte Ausführung des Dichtringes wird weiterhin gewährleistet, dass ein lokales Schadensereignis auch mechanisch auf das unmittelbar betroffene Segment beschränkt bleibt. Dies ist umso mehr erfüllt, wenn die  
5 einzelnen Dichtringsegmente so angeordnet und befestigt sind, dass eine möglichst weitgehende gegenseitige mechanische Entkopplung erreicht wird. Bevorzugt ist in jedem Segment wenigstens ein einzelnes gasdurchlässiges Element angeordnet. Wie bereits dargelegt wurde, bietet  
10 sich die erfindungsgemässe Baugruppe ganz besonders dann an, wenn das gasdurchlässige Element ein Bestandteil einer berührungslosen Dichtung einer Turbomaschine, insbesondere zwischen einer Leitschaufel und dem Rotor und ganz besonders zwischen einer  
15 Laufschaufel und dem Stator ist.

In einer Ausführungsform der Erfindung ist das gasundurchlässige Element in Richtung der Heissgasströmung stromauf des gasdurchlässigen  
20 Elementes angeordnet. Dabei ist es von Vorteil, wenn das gasundurchlässige Element eine weitere, redundante, Kühlmittelöffnung aufweist, die auf der Heissgasseite der Baugruppe mündet. Bevorzugt mündet die Kühlmittelöffnung stromauf des gasdurchlässigen  
25 Elementes, möglichst nahe an dem gasdurchlässigen Element. Dabei ist die Kühlmittelöffnung möglichst so ausgeführt, dass dort austretendes Kühlmittel möglichst parallel zur heissgasseitigen Oberfläche des gasdurchlässigen Elementes strömt, derart, dass dort  
30 ein Kühlfilm entsteht. Dies hat folgende grosse Vorteile: Wenn die Strömungsquerschnitte des gasdurchlässigen Elementes des jeweiligen Segmentes durch Verschmutzung oder Verformung keinen



ungehinderten Durchfluss mehr zulassen, wird weiterhin einerseits eine Kühlmittelströmung durch die Prallkühlbohrungen oder Prallkühldüsen des Prallkühlelementes gewährleistet, und die Kühlung des gasundurchlässigen Elementes wird sichergestellt. Gleichzeitig legt sich die aus der Kühlmittelöffnung ausströmende Luft als Kühlfilm über das gasdurchlässige Element, und gewährleistet somit eine Mindestkühlung dieses Elementes, obwohl aufgrund der verminderten Durchströmung der Transpirationskühlungseffekt der das Element durchströmenden Luft verringert oder ganz ausgefallen ist. Es ist dabei von Vorteil, wenn die Strömungsquerschnitte des gasdurchlässigen Elementes und der Kühlmittelöffnungen auslegungsmässig so bemessen sind, dass der Druckverlust der Kühlmittelöffnung grösser ist, als der des gasdurchlässigen Elementes, derart, dass auslegungsgemäss bevorzugt weniger als 50%, und insbesondere weniger als 30% des gesamten Kühlmittels durch die Kühlmittelöffnung strömen, und der Rest als Transpirationskühlmittel durch das gasdurchlässige Element geleitet wird. Wenn dessen Druckverlust aufgrund der oben beschriebenen Effekte zunimmt, verlagert sich das Kühlmittel in die Kühlmittelöffnung, und der Anteil der Filmkühlung nimmt zu. Wie oben dargelegt, bleibt dabei der gesamte Kühlmittelmassenstrom in erster Näherung konstant, wenn der Druckverlust über die Prallkühlbohrungen überwiegt.

Die erfindungsgemässe Baugruppe eignet sich, wie bereits angedeutet, ganz besondere zum Einsatz in Strömungsmaschinen, wobei die gasdurchlässigen Elemente einen umlaufenden Ring zur berührungslosen Abdichtung

- 8 -

mit einem gegenüberliegenden Schaufelkranz bilden.  
bevorzugt bilden auch die gasundurchlässigen Elemente  
einen umlaufenden Ring; dieser Ring ist bevorzugt in  
Richtung der Heissgasdurchströmung der  
5 Strömungsmaschine stromauf des Ringes der  
gasdurchlässigen Elemente angeordnet. In einer  
bevorzugten Ausführungsform sind die gasundurchlässigen  
Elemente prallgekühlte Wärmestausegmente. in einer  
weiteren bevorzugten Ausführungsform tragen die  
10 prallgekühlten gasundurchlässigen Elemente  
Turbinschaufeln, insbesondere Leitschaufeln.  
Insbesondere dann ist die erfindungsgemässe Baugruppe  
im Stator der Strömungsmaschine angeordnet.

15 Es ist, vor allem wenn die Baugruppe Bestandteil  
einer Strömungsmaschine ist, eine bevorzugte  
Ausführungsform, dass die Trennsteg- oder  
Unterteilungswände zur Unterteilung der Segmente  
parallel zu den Profilsehnern von im Strömungskanal; und  
20 insbesondere auf den gasundurchlässigen Elementen,  
angeordneten Schaufeln verlaufen.

Die Baugruppe besteht in einer Ausführungsform aus  
einer Anzahl lateral, insbesondere in Umfangsrichtung,  
25 nebeneinander angeordneter Unterbaugruppen, welche so  
aufgebaut sind, dass jede Unterbaugruppe ein  
gasundurchlässiges Element und ein gasdurchlässiges  
Element umfasst. Im Wesentlichen ist dann auf der  
Heissgasseite der Unterbaugruppe gegenüberliegend des  
30 gasundurchlässigen Elementes ein Prallkühlelement  
beabstandet angeordnet, und gegenüberliegend des  
gasdurchlässigen Elementes ein Deckelement. Zwischen  
dem Deckelement und dem Prallkühlelement einerseits und

dem gasdurchlässigen und gasundurchlässigen Element  
andererseits ist ein ringsegmentförmiger Raum oder ein  
im wesentlichen ringsegmentförmiger Spalt für das  
Kühlmittel ausgebildet. Erfindungsgemäss umfasst eine  
5 derartige Unterbaugruppe wenigstens eine  
Unterteilungswand zur fluidtrennenden Unterteilung  
und/oder Abgrenzung des ringförmigen Spaltes in  
lateralen Richtung, insbesondere in Umfangsrichtung. in  
einer Ausführungsform trägt die Unterbaugruppe  
10 wenigstens eine Turbinenschaufel; die Unterteilungswand  
verläuft dann bevorzugt parallel zur Profilsehne dieser  
Schaufel.

Vorzugsweise sollte eine ringförmige Baugruppe in  
15 Umfangsrichtung in zumindest vier voneinander  
unabhängig mit Kühlmedium beaufschlagbare Segmente  
unterteilt sein. Durch Ausbildung einer größeren Zahl  
von Segmenten wird die Zuverlässigkeit der Kühlung bei  
Beschädigungen einzelner Abschnitte der  
20 gasdurchlässigen Elemente erhöht.

Als gasdurchlässige und dabei insbesondere  
anstreiftolerante Elemente kommen neben  
Wabenstrukturen, "Honeycombs", unter anderem poröse,  
25 beispielsweise durch Aufschäumen hergestellte  
Strukturen aus Metall- oder Keramikwerkstoffen in  
Frage, oder Filze oder Gewebe aus metallischen oder  
keramischen Fasern, in Frage.

30 In einer vorteilhaften Ausführungsform der  
vorliegenden Vorrichtung sind weiterhin Mittel zur  
voneinander unabhängigen Beaufschlagung zumindest  
einiger der Segmente mit Kühlmittel vorgesehen. Dies

kann durch eine Einrichtung realisiert werden, die die Zufuhr von Kühlmedium zu den einzelnen Segmenten über die jeweiligen Zufuhrkanäle unabhängig voneinander steuert. Auf diese Weise kann eine inhomogene  
5 Temperaturverteilung während des Betriebes der Strömungsmaschine über den Umfang des Strömungskanals kompensiert werden, indem einzelne Segmente mit entsprechend angepassten Mengen an Kühlmedium versorgt werden. Dies eignet sich weiterhin für die Realisierung  
10 einer Spaltweitenregelung.

Auch wenn in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen von einer ringförmigen oder ringsegmentförmigen Ausgestaltung der Baugruppe,  
15 insbesondere in eine Strömungsmaschine, und ganz besonders in einer Gasturbine, ausgegangen wird, so erkennt der Fachmann ohne weiteres, dass die Erfindung beispielsweise auch auf ebene Geometrien anwendbar ist, wobei die Segmente dann nicht in Umfangsrichtung  
20 sondern lateral nebeneinander angeordnet sind.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

25 Die vorliegende Kühl- und Dichtungsanordnung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren erläutert. Im Einzelnen zeigen:

30 Figur 1 ein Beispiel für die Realisierung der Erfindung in einer Gasturbine;

Figur 2 ein Beispiel für die Realisierung der Erfindung mit einem prallgekühlten Leitschaufelfuss;

- 11 -

Figur 3 einen vereinfachten teilweisen Querschnitt einer erfindungsgemässen Baugruppe;

Figur 4 eine Unterbaugruppe zum Aufbau einer erfindungsgemässen Baugruppe in einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Gasturbogruppe; und

Figur 5 eine vereinfachte Draufsicht auf die Unterbaugruppe.

10 Für das Verständnis der Erfindung nicht notwendige Elemente sind weggelassen worden. Die Ausführungsbeispiele sind instruktiv zu verstehen, und sollen dem besseren Verständnis, nicht aber der Einschränkung der in den Ansprüchen gekennzeichneten

15 Erfindung dienen.

#### Wege zur Ausführung der Erfindung

Figur 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem Strömungskanal einer Strömungsmaschine, beispielsweise einer Turbine einer Gasturbogruppe. Der Strömungskanal wird von rechts nach links von einer Heissgasströmung 12 durchströmt. Im Stator 13 ist auf nicht dargestellte und nicht erfindungsrelevante, dem Fachmann aber

25 geläufige Weise ein Leitschaufelfuss 16 mit einer Leitschaufel 10 angeordnet. Stromab der Leitschaufel 10 ist eine Laufschaufel 11 mit einem Deckband 7 und Deckbandspitzen 7a angeordnet. Die Deckbandspitzen minimieren in Verbindung mit gegenüber angeordneten

30 geeigneten Statorelementen 2 den Leckagespalt und damit die Heissgas-Leckageströmung 12a. Um den Leckagespalt unter Nominalbedingungen klein halten zu können, ist das gegenüberliegende Element 2 im Normalfalle ein

- 12 -

vergleichsweise weiches anstreiftolerantes Element.  
Dies ist vorliegend als transpirationsgekühltes  
gasdurchlässiges Wabenelement ausgeführt. Die  
Ausströmung eines durchströmenden Kühlmittels in den  
5 Leckagespalt im Kreuzstrom zu dem Leakagestrom ist  
durchaus geeignet, die Leakageströmung weiter zu  
vermindern. Das Element 2 ist in einem Träger 1  
gehalten. Die erfindungsgemässe, im Stator befestigte,  
Baugruppe umfasst weiterhin ein stromauf des  
10 gasdurchlässigen Elementes 2 angeordnetes  
gasundurchlässiges prallgekühltes Element 8, hier ein  
Wärmestausegment. Kühlmittel, insbesondere Kühlluft  
oder -dampf, wird über eine Zuführung 14 im Gehäuse 13  
herangeführt. Das Kühlmittel 4 wird zunächst mit hoher  
15 Geschwindigkeit durch Öffnungen oder Düsen eines  
Prallkühlelementes 17 geführt, und trifft mit hohem  
Impuls auf die Kühlseite des Elementes 8, wobei dieses  
durch Prallkühlung gekühlt wird. Das Kühlmittel 4  
strömt nach vollzogener Prallkühlung weiter durch das  
20 gasdurchlässige Element 2 als Transpirationskühlmittel  
in die Heissgasströmung aus, wobei bei der vorliegenden  
Konfiguration weiterhin das Schaufeldeckband 7 und die  
Dichtspitze 7a gekühlt werden. Aus dieser  
Kühlmittelführung resultiert eine bestmögliche  
25 Ausnutzung des Kühlmittels 4. Wie zu erkennen ist, ist  
zwischen dem gasdurchlässigen Element 2, dem  
gasundurchlässigen Element 8, einer stromaufwärtigen  
Wand 22, einer stromabwärtigen Wand 23, dem  
Prallkühlelement 17, und einem Deckelement 21 ein  
30 prinzipiell ringförmiger oder ringsegmentförmiger Raum  
oder Spalt 5, 9 ausgebildet. Erfindungsgemäss ist  
dieser in Umfangsrichtung der Strömungsmaschine

unterteilt, wie unten insbesondere im Zusammenhang mit Figur 3 näher erläutert wird.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung ist in Figur 2 dargestellt. Wesentliche Elemente erklären sich im Lichte der Erläuterungen zu Figur 1 von selbst. In diesem Ausführungsbeispiel dient das gasundurchlässige prallgekühlte Element 8 gleichzeitig als Schaufelfuss 16 der Leitschaufel 10. Analog zu Figur 1 ist zwischen dem gasdurchlässigen Element 2, dem gasundurchlässigen Element 8, dem Prallkühlelement 17, einem Deckelement 21, sowie einer stromaufwärtigen Wand 22 und einer stromabwärtigen Wand 23 ein Raum 9 ausgebildet, welcher in der hier nicht erkennbaren Umfangsrichtung unterteilt ist. Kühlmittel tritt durch das Prallkühlelement 17 in den Raum 9 ein. Unter ungestörten Nominalbedingungen strömt das Kühlmittel 4 wenigstens überwiegend durch das gasdurchlässige Element 2 ab. Weiterhin weist das gasundurchlässige Element 8 eine weitere, redundante Kühlmittelöffnung 18 auf, über die Kühlmittel 4 aus dem Raum 9 abströmen kann. Diese Kühlmittelöffnung mündet derart auf der Heissgasseite der Baugruppe, dass dort austretendes Kühlmittel als Kühlfilm über die Heissgasseite des gasdurchlässigen Elementes strömt. Insbesondere mündet die redundante Kühlmittelöffnung 18 im Wesentlichen tangential zur heissgasseitigen Oberfläche des gasdurchlässigen Elementes 2. Die redundante Kühlmittelöffnung ist bevorzugt derart bemessen, dass unter ungestörten Nominalbedingungen weniger als die Hälfte, insbesondere weniger als 30%, des Kühlmittelmassenstroms 4 durch die redundanten Kühlmittelöffnungen 18 strömen. Wenn es allerdings

beispielsweise aufgrund von Verschmutzung oder eines Anstreifereignisses zu einer signifikanten Erhöhung des Strömungswiderstandes des gasdurchlässigen Elementes 2 kommt, verschiebt sich die Kühlmittelströmung in die  
5 redundanten Kühlmittelöffnungen 18. Damit wird einerseits die Strömung zur Kühlung des gasundurchlässigen Elementes 8 aufrechterhalten, und andererseits wird eine aufgrund abnehmender Durchströmung mangelnde Transpirationskühlung  
10 sukzessive durch Filmkühlung durch die Öffnungen 18 ersetzt.

Figur 3 zeigt eine schematische Ansicht einer erfindungsgemässen Baugruppe in einer  
15 Querschnittsdarstellung. Im Wesentlichen radial und axial verlaufende Stege oder Unterteilungswände 24 unterteilen den Raum 9 in Umfangsrichtung in Segmente 26. Je Segment 26 ist auch eine eigene redundante Kühlmittelöffnung 18 angeordnet; wenigstens deren  
20 Mündung ist langlochförmig, um im Bedarfsfalle eine möglichst grossflächige Verteilung von Filmkühlmittel zu erzielen. Damit ist der gesamte Kühlmittelpfad wenigstens stromab der Prallkühlelemente 17 durch die Unterteilungswände 24 in vollkommen voneinander  
25 unabhängige Segmente unterteilt. Weiterhin ist noch je Segment 26 ein einzelnes gasdurchlässiges Element 2 angeordnet. Kommt es nunmehr zu einem starken Anstreifen einer hier nicht dargestellten  
Schaufelspitze 7a, siehe diesbezüglich Figur 1 oder 2,  
30 in einem Segment, so wird lediglich das unmittelbar betroffene gasdurchlässige Element aus der Baugruppe herausgerissen. Aufgrund der mechanischen Entkoppelung der gasdurchlässigen Elemente 2 der unterschiedlichen



- 15 -

Segmente 26 bleibt das mechanische Schadensereignis auf die unmittelbar betroffenen Segmente beschränkt. Selbstverständlich bricht in dem Raum 9 des betroffenen Segmentes der Kühlmitteldruck zusammen. Da aber die

5 Segmente voneinander getrennt sind, und der massgebliche Druckverlust in den Prallkühlelementen 17 auftritt, bleibt der Kühlmitteldruck in den anderen Segmenten wenigstens in guter Näherung konstant, und das Schadensereignis wird vollständig lokal auf das

10 oder die betroffenen Segmente beschränkt. Auch die Prallkühlung des gasundurchlässigen Elementes im betroffenen Segment bleibt im Wesentlichen uneingeschränkt funktionsfähig.

15 In einer real ausgeführten Strömungsmaschine wird die erfindungsgemässe Baugruppe vorteilhaft aus einer Mehrzahl in Umfangsrichtung nebeneinander angeordneter Unterbaugruppen aufgebaut, was die Handhabung der Erfindung wesentlich vereinfacht. Eine solche

20 Unterbaugruppe ist beispielhaft in Figur 4 in einer perspektivischen Ansicht dargestellt. Es handelt sich um eine Unterbaugruppe der Baugruppe aus Figur 2, und umfasst ein Umfangssegment mit einer Leitschaufel 10, mitsamt deren prallgekühlten Schaufelfuss 16. Die

25 Unterbaugruppe umfasst weiterhin ein gasdurchlässiges Element 2, ein Prallkühlelement 17, ein Deckelement 21, sowie eine stromaufwärtige Wand 22 und eine stromabwärtige Wand 23. Durch die dargestellte Anordnung ist ein ringsegmentförmiger Spalt 9

30 ausgebildet, welcher in radialer und axialer Richtung geschlossen und an den Umfangsseiten der Unterbaugruppe an sich offen ist. Erfindungsgemäss umfasst die Unterbaugruppe eine Unterteilungswand 24, welche en

- 16 -

einer Umfangsseite der Unterbaugruppe oder an einer anderen Umfangsposition angeordnet sein kann. Die Unterteilungswand ist so ausgeführt, dass sie, wie im Zusammenhang mit Figur 3 erläutert, eine Fluidtrennung  
5 zwischen den beiden Umfangsseiten herstellt.

Die Figur 5 zeigt abschliessend eine schematische Draufsicht auf die Unterbaugruppe von radial aussen, mit "aufgetrennten" Wänden 22, 23, 24. Zu erkennen ist,  
10 dass in dieser bevorzugten Ausführungsform der in der Figur 5 nicht explizit gekennzeichnete, aber für den Fachmann im Lichte der vorangehenden Ausführungen klar erkennbare, Raum 9 in Umfangsrichtung von einer Unterteilungswand 14 in Umfangsrichtung unterteilt  
15 wird, die parallel zu der strichpunktiert eingezeichneten Profilsehne der Schaufel 10 verläuft. Die Unterteilungswand 24 ist dabei unmittelbar an einer Umfangsseite der Unterbaugruppe angeordnet; sie könnte aber ohne Weiteres auch an einer anderen  
20 Umfangsposition angeordnet sein.

Die hier gemachten Ausführungen für ringförmige oder ringsegmentförmige Geometrien vermag der interessierte Fachmann ohne Weiteres auf ebene  
25 Geometrien zu übertragen, wobei dann statt Umfangssegmente laterale Segmente nebeneinander angeordnet sind.

30

#### Bezugszeichenliste

1     Trägerelement

- 17 -

- 2 gasdurchlässiges Element
- 4 Kühlmittel
- 5 Raum, Spalt
- 7 Schaufeldeckband
- 5 7a Dichtspitze
- 8 gasundurchlässiges Element
- 9 Kühlmittelkanal, Spalt
- 10 Leitschaufel
- 11 Laufschaufel
- 10 12 Heissgasströmung
- 12a Leckageströmung
- 13 Gehäusewandung, Stator
- 14 Zuführung für Kühlmittel
- 16 Schaufelfuss
- 15 17 Prallkühlelement, Prallkühlblech, Prallkühleinsatz
- 18 redundante Kühlmittelöffnung
- 21 Deckelement
- 22 stromaufwärtige Begrenzung, Wand
- 23 stromabwärtige Begrenzung, Wand
- 20 24 Unterteilungswand, Umfangs- oder laterale Unterteilungswand
- 26 Segment

Patentansprüche

1. Heissgasspfad-Baugruppe für eine Strömungsmaschine, insbesondere eine Gasturbine, welche Heissgasspfad-Baugruppe insbesondere einen ringförmigen oder ringsegmentförmigen Querschnitt aufweist, und welche Baugruppe eine Kühlseite und eine im Betrieb von Heissgas (12) überströmte Heissgasseite aufweist, umfassend wenigstens ein für Transpirationskühlung ausgeführtes gasdurchlässiges Element (2) und wenigstens ein gasundurchlässiges Element (8), wobei das gasdurchlässige Element und das gasundurchlässige Element an unterschiedlichen Positionen in Durchströmungsrichtung an der Wand des Heissgaspfades angeordnet sind, bei welcher Baugruppe das gasundurchlässige Element prallgekühlt, mit einem auf der Kühlseite beabstandet angeordneten Prallkühlelement (17), ausgeführt ist, und auf der Kühlungsseite der Baugruppe ein Kühlmittelpfad (9, 5) ausgebildet ist, der von dem Prallkühleinsatz (17) zu der Rückseite des gasdurchlässigen Elementes (2) führt, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlmittelpfad (9) lateral, insbesondere in Umfangsrichtung, durch wenigstens eine Unterteilungswand (24) in voneinander isolierte Segmente (26) unterteilt ist.

2. Baugruppe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass, insbesondere in Umfangsrichtung, mehrere einzelne gasdurchlässige Elemente nebeneinander angeordnet sind.
- 5 3. Baugruppe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in jedem Segment wenigstens ein einzelnes gasdurchlässiges Element angeordnet ist.
- 10 4. Baugruppe nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das gasdurchlässige Element ein Dichtungselement einer Anordnung zur berührungslosen Dichtung ist.
- 15 5. Baugruppe nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das gasundurchlässige Element (8) ein Schaufelfuss (16), insbesondere ein Leitschaufelfuss, ist.
- 20 6. Baugruppe nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das gasundurchlässige Element (8) in Durchströmungsrichtung (12) des Heissgaskanals stromauf des gasdurchlässigen Elementes (2) angeordnet ist.
- 25 7. Baugruppe nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterteilungswände (24) zur lateralen Unterteilung des Kühlmittelpfades (9) im Wesentlichen parallel zu den Profilseihen von im Heissgaskanal
- 30 angeordnete Schaufeln (10) angeordnet sind.

- 20 -

8. Baugruppe nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Unterteilungswände (24) im Wesentlichen  
parallel zu den Profilsehnern der auf dem  
Schaufelfuss (8, 16) angeordneten Schaufeln (10)  
5 verlaufen.
9. Baugruppe nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass in dem  
gasundurchlässigen Element eine Kühlmittelöffnung  
angeordnet ist, welche vorzugsweise stromauf des  
10 gasdurchlässigen Elementes auf der Heissgasseite  
mündet.
10. Baugruppe nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Baugruppe aus  
einer Anzahl von in Segmentierungsrichtung  
nebeneinander angeordneten Unterbaugruppen  
15 besteht.
- 20 11. Strömungsmaschine, insbesondere Gasturbine,  
umfassend wenigstens eine Baugruppe gemäss einem  
der vorstehenden Ansprüche, dadurch  
gekennzeichnet, dass die gasdurchlässigen Elemente  
(2) einen umlaufenden Ring zur berührungslosen  
25 Abdichtung mit einem gegenüberliegend angeordneten  
Schaufelkranz (11, 7, 7a) bilden.
12. Strömungsmaschine nach Anspruch 11, dadurch  
gekennzeichnet, dass die gasundurchlässigen  
30 Elemente (8) einen umlaufenden Ring ausbilden, der  
in Strömungsrichtung der Heissgasströmung (12)  
stromauf der gasdurchlässigen Elemente (2)  
angeordnet ist.

13. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die gasundurchlässigen Elemente (8) prallgekühlte Wärmestausegmente sind.
14. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die gasundurchlässigen Elemente (8) Turbinenschaufeln (10), insbesondere Leitschaufeln, tragen.
15. Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Baugruppe im Stator (13) der Strömungsmaschine angeordnet ist.
16. Unterbaugruppe einer Baugruppe gemäss Anspruch 10, mit einer Kühlungsseite, einer Heissgasseite, einer stromaufwärtigen Seite, einer stromabwärtigen Seite, und zwei lateralen Seiten, insbesondere zwei Umfangsseiten, umfassend:  
eine heissgasseitige Wand, welche ihrerseits wenigstens ein gasundurchlässiges Element (8,16) und ein stromab von diesem angeordnetes gasdurchlässiges Element (2) umfasst;  
eine kühlungsseitige Wand, welche von der heissgasseitigen Wand beabstandet und dieser gegenüberliegend angeordnet ist, und welche ihrerseits wenigstens ein Prallkühlelement (17) mit einer Vielzahl von Kühlmitteldurchtrittsöffnungen für den Durchtritt von Prallkühlungs-Kühlmittel, insbesondere ein Prallkühlblech, und wenigstens ein Deckelement (21), umfasst, wobei

- 22 -

- das Prallkühlelement (17) dem gasundurchlässigen Element (8) gegenüberliegend und von diesem beabstandet angeordnet ist, und das Deckelement (21) sich stromab an das Prallkühlelement (17) anschliessend dem gasdurchlässigen Element (2) gegenüberliegend und von diesem beabstandet angeordnet ist; je wenigstens eine stromabwärtige Wand (23) und eine stromaufwärtige Wand (22), welche eine Verbindung zwischen der heissgasseitigen Wand und der kühlungsseitigen Wand herstellen; derart, dass zwischen der heissgasseitigen Wand, der kühlungsseitigen Wand, der stromaufwärtigen Wand, und der stromabwärtigen Wand ein Spalt (9) zur Kühlmitteldurchströmung ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Unterteilungswand (24) angeordnet ist, welche die stromaufwärtige Wand mit der stromabwärtigen Wand und die heissgasseitige Wand mit der kühlungsseitigen Wand verbindet, dergestalt, dass eine Fluidtrennung zwischen den lateralen Seiten hergestellt ist.
17. Unterbaugruppe nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass auf der heissgasseitigen Wand (2, 8) wenigstens eine Turbinenschaufel (10) angeordnet ist.
18. Unterbaugruppe nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterteilungswand (24) im Wesentlichen parallel zur Sehne des Schaufelprofils angeordnet ist.



1 / 4

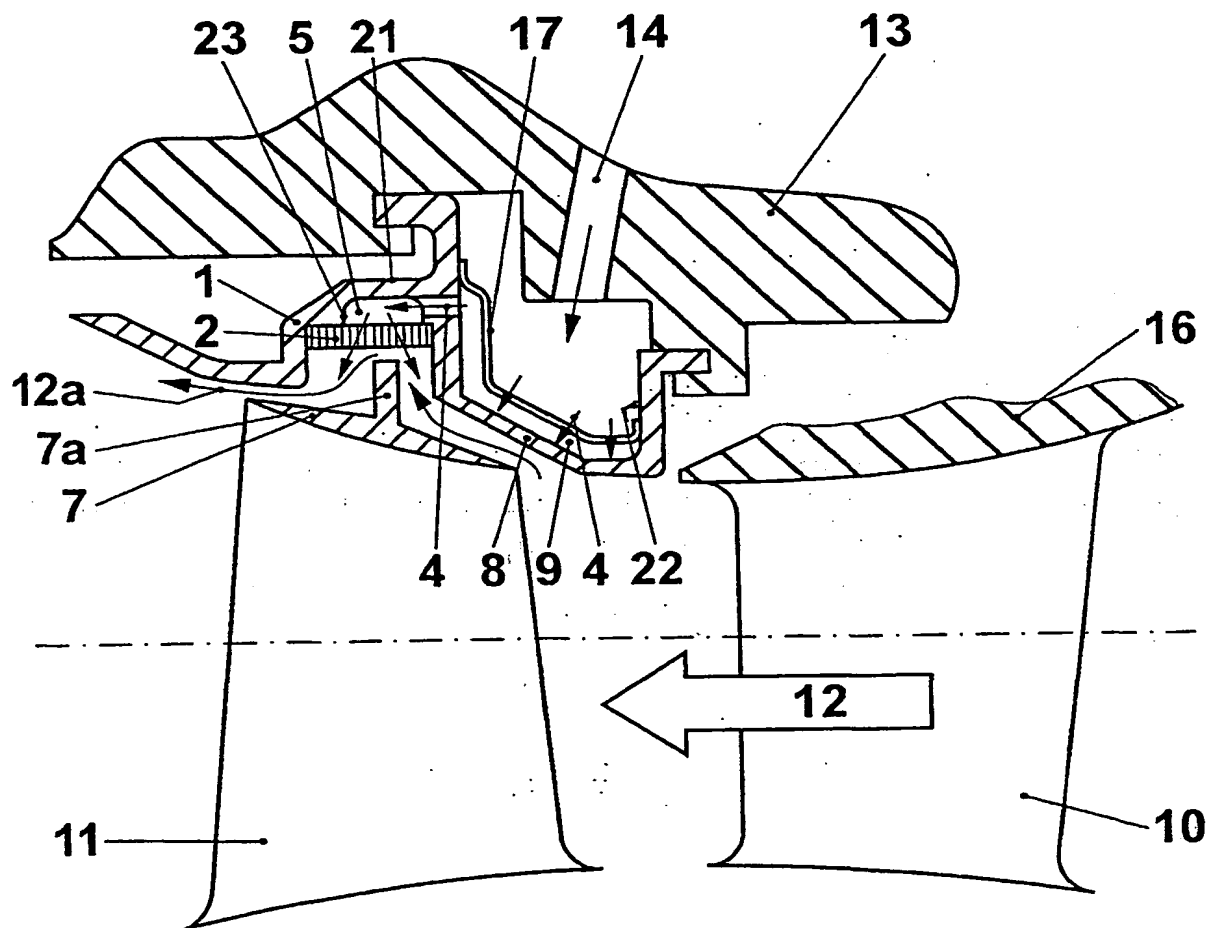


FIG. 1

2 / 4

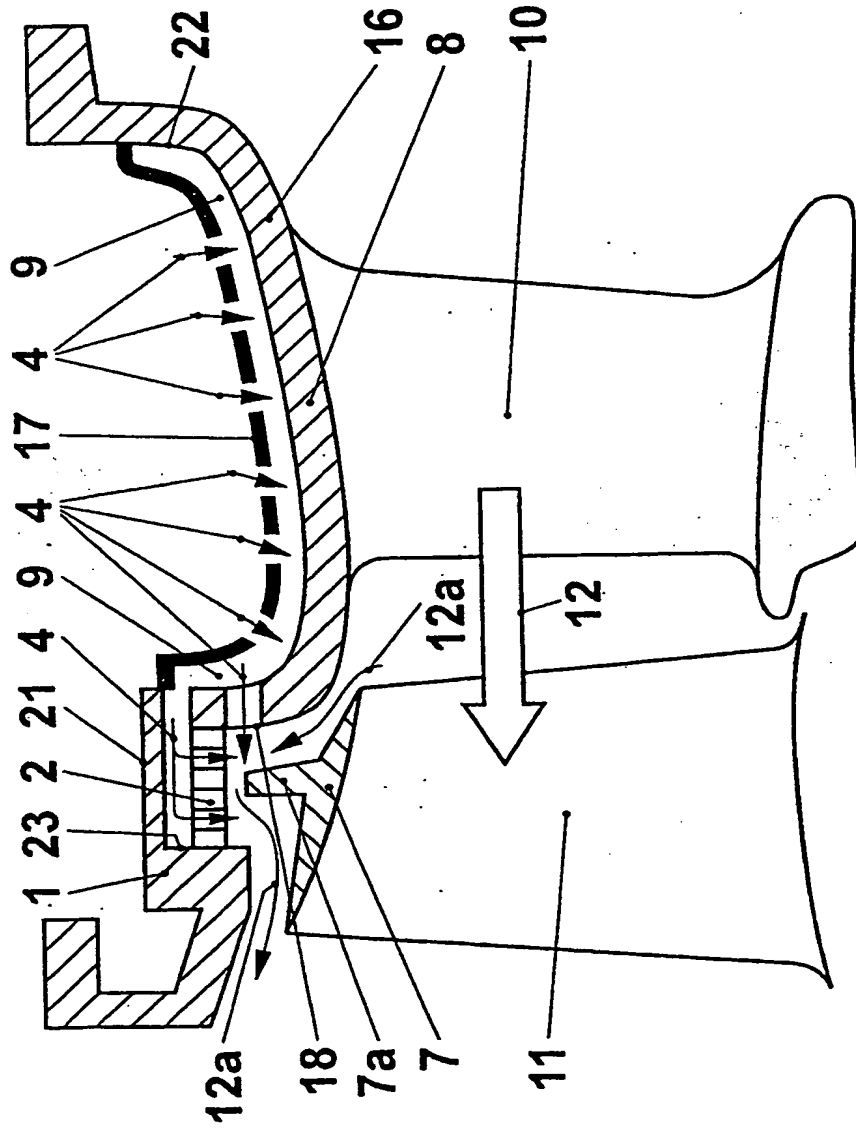


FIG. 2

3 / 4

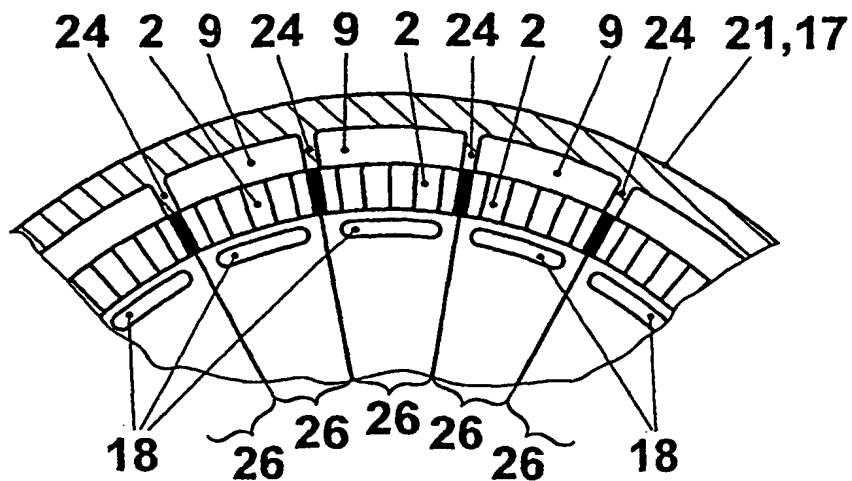


FIG. 3

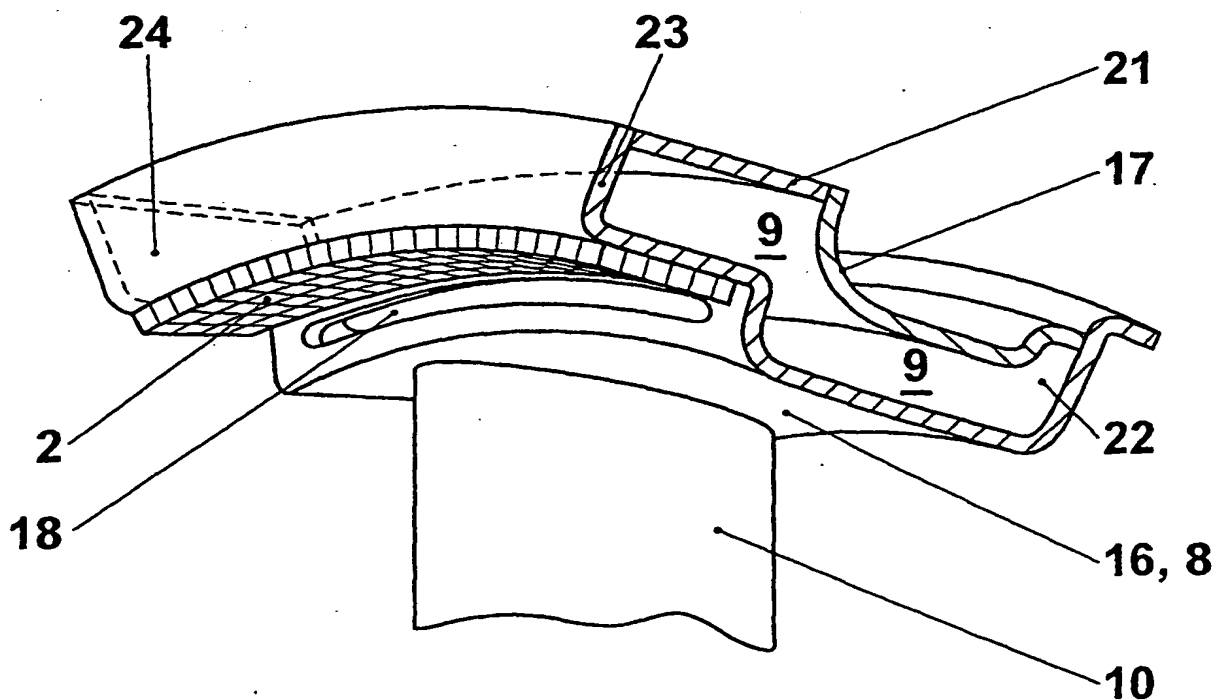


FIG. 4

4 / 4

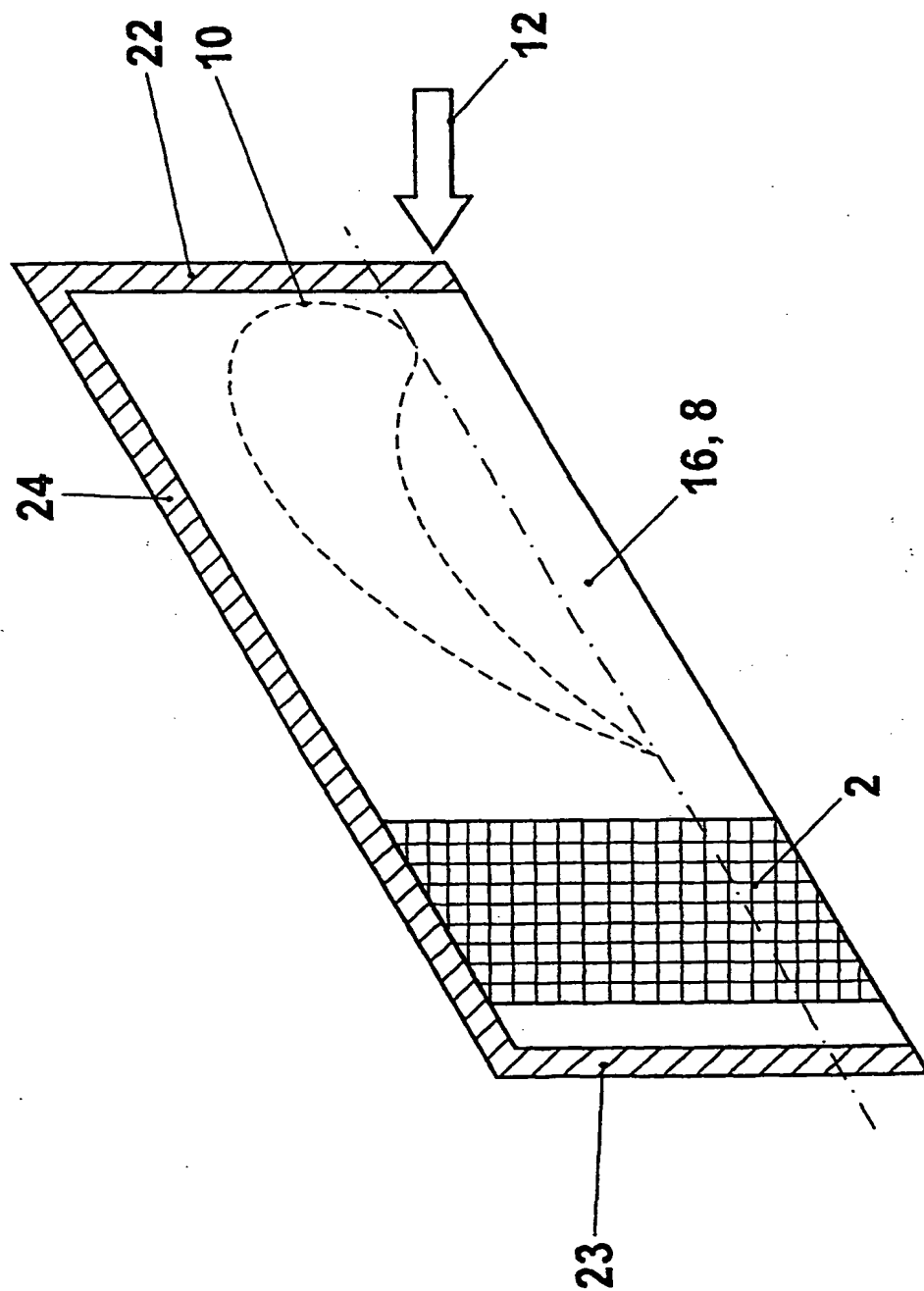


FIG. 5